

Docket No.: AR-R14

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to the Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date indicated below.

By: Markus Nollf Date: March 18, 2004

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applic. No. : 10/752,627  
Applicant : Anton Rodi  
Filed : January 7, 2004  
Title : Measuring Device to Record Values, in Particular Angles or  
Linear Segments  
Docket No. : AR-R14  
Customer No. : 24131

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents,  
P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 103 01 848.4, filed January 9, 2003.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Markus Nollf  
Reg. No. 37,006

Markus Nollf  
For Applicant

Date: March 18, 2004

Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100  
Fax: (954) 925-1101

/av

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 01 848.4

**Anmeldetag:** 9. Januar 2003

**Anmelder/Inhaber:** Anton R o d i, 69181 Leimen/DE

**Bezeichnung:** Messeinrichtung zur Erfassung von Größen  
insbesondere von Winkeln oder Wegstrecken

**IPC:** G 01 B 21/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 1. März 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Brosig

Anton Rodi  
Karlsruherstr. 12  
69181 Leimen

**R14**

### **Messeinrichtung zur Erfassung von Größen, insbesondere Winkeln oder Wegstrecken**

Die Erfindung betrifft eine Messeinrichtung zur Erfassung von Größen, insbesondere von Winkeln und Wegstrecken mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

Für die überwiegend im Markt befindlichen Winkel- und Wegmesssysteme werden Sensoren eingesetzt, die mehr oder weniger der Sinusschwingung entsprechende Signalfolgen - in Kombination mit einem geeigneten Maßstab - liefern. Um die Dreh- bzw. Bewegungsrichtungen zu erfassen, sind bereits Sensoranordnungen mit 2 Sensoren erforderlich, die sinnvollerweise so angeordnet sind, dass das Zusammenwirken mit dem zugeordneten Maßstab eine Sin-/Cos-Signalfolge ergibt. Zusätzlich erlaubt die so winkel- bzw. wegversetzte Signalfolge der Sensoren innerhalb einer Periode, d. h. einer inkrementellen Teilung des zugeordneten Maßstabs, die feinere Erfassung dieser Teilstrecken und somit höhere Auflösung. Sowohl bei Inkremental- als auch Absolut-Winkel- und Wegmesssystemen macht man sich das zunutze und setzt dafür geeignete AD-Wandler bzw. sogenannte Interpolatoren ein. Für ein neuartiges Absolutmesssystem sind in der Patentschrift DE 19505176 A1 die auf optischen Wegen erzeugten Sin-/Cos-Signale beschrieben und dazu ergänzend sind weitere Ausführungen zur Signalauswertung in solchen Sensorsystemen in der Patentschrift CH 210599 gemacht.

Das Prinzip der Sin-/Cos-Signalfolge wird ganz unabhängig von den eingesetzten Sensor- Wirkprinzipien wie z. B. bei optischen, induktiven, kapazitiven und magnetischen angewandt.

Nachstehend wird insbesondere auf die spezifischen Gegebenheiten bei sogenannten magnetischen Winkel- und Wegmessgebern eingegangen, um die grundsätzlichen Erfordernisse der Sensorsignalaufbereitung für hochauflösende und genaue Erfassungssysteme von Winkel- und Wegstrecken im industriellen Einsatz aufzuzeigen.

Die derzeitigen Inkremental- und vor allem hochauflösende Absolutgeber sind für Winkel- und Wegmesssysteme überwiegend in den sogenannten „Anbaugebern“ in geschlossen gekapselter Form mit Eigenlagerung ausgeführt. Darin sind der Maßstab und Sensor mit der Signalaufbereitung und neuerdings auch die AD-Wandlung bzw. Interpolation samt Messwert-Aufbereitung und Datentransfer in einem Messgebergehäuse untergebracht. Diese Messgeber sind zwar präzise beim Messgeberhersteller zu montieren und zu überprüfen, aber fallen groß und voluminös in der Bauform aus. Mittels Rotor- bzw. Stator-Kupplung lassen diese sich dort wo genügend Raum zum Einbau zur Verfügung steht einfach an die zu messende Bewegungseinheit anbringen. Die aufwendige Bauweise und teure Eigenlagerung lässt keinen geeigneten breiten Standardeinsatz an den vielen Bewegungseinrichtungen von Maschinen und Geräten zu. Aber die zunehmende Automatisierung verlangt die kostengünstige und kleine Ausführung von Winkel- und Wegmessgeber an beliebige Verstelleinrichtungen, um die Positionen über die übergeordnete Steuerung präzise und wiederholt zu erfassen und anzusteuern. Daher kommen neuerdings dafür Neuentwicklungen mit sogenannten „Einbaugebern“ in Betracht, die ohne teure Eigenlagerung ausgeführt werden und den Maßstab vom Sensor getrennt raumsparend unterbringen können. Begünstigt wird dieser Trend durch die Möglichkeit der Integration von Sensorfunktionen sowie der Signal- mit Messwertaufbereitung mittels Mikroelektronik (ASIC). Die kleinen Abmessungen solcher Winkel- und Wegmesssysteme mit Ausführungen auf einem bis einigen Halbleiter-Chips, sowie deren geringe Kosten bei höheren Stückzahlen, erlauben die gewünschte Standardausführungen an Maschinen, Geräten sowie Aktuatoren (z. B. Elektromotoren).

Dabei ergeben sich aber erhebliche Hürden für die industrietauglichen Auslegung solcher Systeme, da in der bisher arbeitsteiligen Welt der Sensorhersteller die örtlichen Einbaubedingungen mit Umgebungseinflüssen und Toleranzen

nicht ausreichend bekannt sind. Der Maschinen- und Gerätehersteller andererseits wenig über die sensorspezifischen Anforderungen weiß und daher diese auch nicht bei der Systemkonzeption ausreichend berücksichtigen kann. So beschreibt jeder Sensor- und Maschinen-/Geräte- sowie Systemkomponentenhersteller seine eigenen Standard-Funktions- und Einbaubedingungen. Die langlebigen Industriegüter mit austauschbaren Ersatzteilanforderungen sind hinderlich für eine nachträgliche und Hersteller übergreifende Standardisierung von Schnittstellen. Auf der binären Datenaustauschseite der Messwertausgabe ist das durch die Elektronik mit standardisierten Schnittstellen weitestgehend gelöst. Die Schnittstelle zwischen Sensor und Signalaufbereitung sowie Sensor und getrenntem Maßstab weist noch viele herstellerspezifische aber auch einbau- und umgebungsbedingte Abweichungen auf. Diese individuellen Anforderungen und Festlegungen lassen den Einsatz kostengünstiger Ausführungen mit bisherigen Lösungsansätzen bei kleineren bis mittleren Stückzahlen von einigen 10.000 Einheiten/Jahr nicht zu, da entweder für Sensoren, Maßstäbe, oder Signalaufbereitung jeweils zugeschnittene Spezialausführungen benötigt werden. Dies führt zwangsläufig zu Mehraufwendungen in der Entwicklung, Produktion und Ersatzteilkhaltung und zudem zu geringen Stückzahlen mit höheren Preisen sowie längeren Umsetzzeiten bis zum Serienprodukt. Nur bei Produkten mit sehr hohen Stückzahlen, die größer einige 100.000 Einheiten pro Jahr umfassen, sind derzeit speziell zugeschnittene Lösungen optimal zu gestalten.

Die erfinderische Ausgestaltung an der Schnittstelle zwischen Sensoren und Messwertaufbereitung mittels einer Abgleicheinheit mit Merkmalen des Hauptanspruchs samt Unteransprüchen soll weitestgehend den optimalen Einsatz von Winkel- und Wegmesseinrichtungen ermöglichen.

Nachstehend werden bisher übliche Schnittstellen-Ausführungen an Magnet-Winkel-/Wegmesssystemen im Vergleich zur vorteilhaft ausgestalteter Schnittstelle mit der erfindungsgemäßen Abgleicheinheit erläutert.

Fig. 1 zeigt einen eigengelagerten Anbau-Messgeber (1), der eine Sensoranordnung (2) zur Ausgabe von Sin-/Cos-Signalen (40) im Zusammenwirken mit dem ebenfalls im Gehäuse des Ge-

bers befindlichen aktiven Magnetmaßstab (3) besitzt. Zusätzlich wird für bekannte Absolut-Messsysteme die Ausgabe des binären Grobabsolutwertes (50) gezeigt, der durch eine separate Sensoranordnung mit der auf dem Maßstab absolutkodierte Strecke gebildet und aufbereitet wird. Die so gebildeten analogen Sin-/Cos-Werte (40), samt des binären Grobabsolutwertes (50), werden der übergeordneten Kunden-Steuerung (5) zur AD-Wandlung über die Signal- und Messwertaufbereitung (4) zur Verfügung gestellt.

- Fig. 2 zeigt den eigengelagerten Anbau-Messgeber (200) mit der im Gehäuse untergebrachten Sensoranordnung (2) für Sin-/Cos-Signale (40) sowie Grobabsolutwerte (50) und den Maßstab (3) sowie den Interpolator (AD-Wandlung) mit Signal- und Messwertaufbereitung (4). Die Absolut-Messwerte werden hier über einen binären Datentransfer (100) der Steuerung (5) zur Verfügung gestellt.
- Fig. 3 zeigt einen Einbau-Messgeber (200), der eine Sensoranordnung (2) für Sin-/Cos-Signale (40) sowie Grobabsolutwerte (50) und einen getrennt (9) angebrachten Maßstab (3) aufweist. Zusätzlich wird hier über eine erfindungsgemäße Abgleicheinheit mit Signalverarbeitung (7) sowie AD-Wandlung samt Messwertaufbereitung und Datentransfer (6), der Binär-Datenaustausch (100) zur Verfügung gestellt. Dabei können die Abgleicheinheit mit Signalverarbeitung (7) und die AD-Wandlung mit Messwertaufbereitung und Datentransfer (6), einzeln oder als zusammengefasste Elektronikeinheit (8), z.-B. im jeweiligen ASIC, ausgebildet sein.
- Fig. 4 zeigt einen Einbau-Messgeber (200), der eine Sensoranordnung (2) für Sin-/Cos-Signale (40) sowie Gesamtabсолютwerte (50) und einen getrennt angebrachten Maßstab (3) aufweist. Zusätzlich wird über die integrierte, erfindungsgemäße Abgleicheinheit mit Signalaufbereitung (7) durch die Elektronik (8)

mit AD-Wandler, Messwertaufbereitung und Datentransfer (6) der Binär-Datenaustausch (100) zur Verfügung gestellt.

Fig. 5 zeigt Sin-/Cos-Spannungsverläufe, wie sie z. B. von Sensoren unter idealen Bedingungen kommen. Bei dem Schnittpunkt der jeweiligen Sin-/Cos-Spannung mit der Null-Linie, die auch Referenz genannt wird, erhält man die jeweilige Amplitude  $\pm A_{\sin}$  bzw.  $\pm A_{\cos}$  der anderen um  $90^\circ$  phasenverschobenen Spannung und die vierfach mit  $\pi/2$  unterteilte Periodendauer von  $2\pi = 360^\circ$ .

Fig. 6 zeigt die Sin-Spannung S1 und eine um  $+90^\circ$  phasenverschobene zweite Spannung S2 (Cos-Spannung) mit gleicher Amplitude. Die Addition  $S1 + S2$  und Subtraktion  $S1 - S2$  dieser Spannungen ergeben ebenfalls um  $90^\circ$  gegeneinander und um  $45^\circ$  gegenüber S1 und S2 versetzte Spannungen mit  $\sqrt{2}$ -facher Amplitude.

Fig. 7 zeigt die Sin-Spannung S1 und eine um  $+60^\circ$  dagegen phasenverschobene zweite Spannung S2 mit gleicher Amplitude. Die Addition  $S1 + S2$  und Subtraktion  $S1 - S2$  dieser Spannungen ergeben um jeweils  $-75^\circ$  gegenüber S1, bzw. S2 versetzte Spannungen, wobei die  $\sqrt{3}$ -fache Amplitude und der anderen die gleiche Amplitude wie S1 aufweist.

Fig. 8 zeigt eine erfindungsgemäße Ausführung der Abgleicheinheit und Messwertaufbereitung mit Datentransfer sowie Sensoren. Dabei sind zwei Sensoren (2.1, 2.2) so angeordnet, dass sich in Kombination mit Maßstäben (nicht gezeichnet) zwei phasenverschobene Spannungen S1 (41) und S2 (42), auch Sin und Cos bezeichnet, ergeben. Weiterhin ist eine Teilstrecken-Sensoreinheit (10) im Messsystem angebracht, um über entsprechende Signale (43) die jeweiligen Teilstrecken (76) zur zählerischen Auswertung zu übermitteln. In der Abgleicheinheit



(7) werden die Amplituden und die Referenz der Sensorspannungen S1 und S2 erfindungsgemäß aufbereitet und der Interpolationseinheit (90) zur direkten Auswertung zugeführt. Mit deren Daten (77) und den Teilstrecken (76) wird in der Messwert-aufbereitung (93) mit Datentransfer der Gesamtabсолютwert aufbereitet und über den Binär-Datenaustausch (100) der übergeordneten Steuerung zur Verfügung gestellt.

Fig. 9 zeigt eine weitere in die Elektronik (8) weitestgehend integrierte erfindungsgemäße Abgleicheinheit (7), mit Sensoranordnungen wie in Fig. 8.

Fig. 10 zeigt die digitale Signalverarbeitung (97) für die Geschwindigkeitsermittlung mit Wegmessung (112, 113) als Bestandteil der Abgleicheinheit (7).

Die in Fig. 1 gezeigte Anordnung für einen Anbaugeber mit Eigenlagerung, sowohl für Inkremental- als auch Absolutgeber für Winkel- und Wegmesssysteme, ist in der industriellen Antriebstechnik für 13-bis 18-Bit-Auflösung weit verbreitet. In der aufwendigen Servosteuerung für Elektromotoren hat man die AD-Wandlung sowie die Signal und Messwertverarbeitung überwiegend auf einer Interface-Karte der Kunden-Steuerung untergebracht. Von dem Messgeber am Elektromotor werden analoge Sin-/Cos-Signale permanent übertragen. Um den Gesamtabсолютwert bilden zu können, wird ein grober Grundabsolutwert der Inkrementalteilung im Stillstand, oder bei niederen Drehzahlen, in binärer Form übertragen. Dieser Grundabsolutwert wird in der Steuerung gespeichert und mit den gewonnenen Feinwerten aus der AD-Wandlung der Sin-/Cos-Signalen zusammengesetzt und so der Gesamtabсолютwert gebildet. Abgesehen von den hohen Kosten der Gesamtanordnung, der problematischen Analog-Signalübertragung in störbehafteter Industrieumgebung, ist das Messsystem zu voluminös und nicht direkt geeignet, um BUS-Übertragungssysteme direkt zu bedienen. Dies ist der Grund für die nach wie vor noch sehr verbreitete Resol-

verlösung in der Antriebstechnik, wenn auch hiermit die höhere Genauigkeit und wünschenswerte Auflösung nicht erreicht wird.

Der Anbau-Messgeber nach Fig. 2 stellt bereits eine fortschrittlichere und weitgehend integrierte Messsystem-Lösung dar. Die gesamte Signalverarbeitung wird im Messgeber vorgenommen und der gebildete Gesamtabolutwert binär über eine serielle Schnittstelle RS 485 bzw. RS 422 übertragen, die auch üblichen Bussystemen zugänglich sind. In der Patentschrift CH210599 wird so ein Messsystem eingehend behandelt. Nachteilig ist nach wie vor, dass der eigen-  
gelagerte Gesamtgeber mit dem Maßstab in einem großen Gehäuse untergebracht ist. Solche teuren und voluminösen Geberlösungen sind für den breiten integrierten Serieneinsatz an Maschinen und Geräten nicht geeignet. Gewünscht werden Einbaugeber ohne Eigenlagerung und mit Trennung des Maßstabs vom Sensor, in möglichst kleiner Bauform und kostengünstiger Ausführung.

Die individuell zugeschnittene Lösungen für eine Vielzahl von Herstellern von Sensoren und Messgebern, Aktuatoren sowie Steuerungsherstellern, haben es bisher nicht ermöglicht, die Einbaugeberversionen ohne Eigenlagerung anforderungsgerecht zu konzipieren. Für magnetische Messgeber existieren verschiedene und jeweils für bestimmte Anforderungs- und Umgebungsbedingungen passende Sensortechnologien, die z. B. auf magnetoresistiven (MR, GMR) bzw. hallbasierenden Messprinzipien beruhen.

Diese Messgeber haben unterschiedliche Sensorsignalausgaben und verschiedene Beschaltungen zur Folge und sind bisher durch unterschiedliche Signalanpassungsmaßnahmen samt damit einhergehenden Elektroniken zur AD-Wandlung sowie Messsignalverarbeitung gekennzeichnet. Hinzu kommen noch die sehr aufwendigen und voluminös breiten sowie industriell nach Messlänge zu gestaltende Maßstäbe für Absolutmesssysteme, die einem standardisierten Einsatz hinderlich sind. Eine Abhilfe hierzu beschreibt die DE 101 171 93.A1 gemäß der Absolutmaßstäbe produktionsgerecht und kostengünstig zu erstellen sind. Dies bedeutet einen wichtigen Schritt für die modular gestaltbare Absolutmesssysteme. Zudem ermöglicht dieser Erfindung auch den Bau von kleinen magnetischen Messgebern mit Auflösungen von  $> 13 \dots 16$  Bit, die eine

Realisierung der gesamten Geberelektronik samt Sensor auf einem Chip gestattet.

Nach wie vor jedoch muss für den Einbaugeber, neben den Anpassmaßnahmen für die unterschiedlichen Sensorausgangssignalen, die Problematik der Toleranz- und Umgebungsbedingungen am Einsatzort gelöst werden. Derzeit unternimmt man große Anstrengungen bei Magnetmesssystemen, sowohl auf der Sensor- als auch Maßstabseite, um mit möglichst engen Toleranzen in der Fertigung und Montage die gewünschten Genauigkeiten und Auflösungen zu erhalten. Allein den geforderten Teilungsabstand des Maßstabs präzise über die gesamte Messlänge und in Übereinstimmung mit der Sensoranordnung zu erstellen, ist eine fertigungstechnische Herausforderung im Gebersystem. Dazu kommt die problematische Magnetisierung von aktiven Magnetmaßstäben, die neben gleichbleibender Teilungsabständen auch die mindestens gleichförmige magnetische Induktion zur sinusförmigen Ausbildung von Sensorsignalen erfordert. Zusätzlich spielen Einbautoleranzen, z. B. bei längeren Wegmessgebern eine erhebliche Rolle, die hohe Ansprüche an die Konstruktion und Montage für den Maßstab und die Sensoren bezüglich Höhenabstand und Achsensymmetrie stellen.

Mit der erfinderischen Ausgestaltung der Abgleicheinheit wird weitestgehend Abhilfe zur Lösung der aufgezeigten Problemstellungen geschaffen. Mit den im Hauptanspruch beschriebenen Maßnahmen wird flexibel auf die unterschiedlichen Sensorsignale, bedingt durch die Sensoren selbst und vor allem der Interaktion der Sensoren mit dem Maßstab in den gegebenen Einbau- und Umgebungsbedingungen, adaptiv und kompensatorisch reagiert. Die erfinderische Abgleicheinheit erlaubt den breiten Einsatz unterschiedlicher Sensoren und Maßstäbe zur hochauflösenden sowie genauen Messung von absoluten Winkel- und Wegmessstrecken. Somit werden die Voraussetzungen zum standardisierten Einsatz für die klein und kostengünstig zu bauenden Einbaugeber ohne Eigenlagerung im breiten Industrieinsatz geschaffen.

In Fig. 3 wird ersichtlich, dass erfindungsgemäß zwischen den Sensoren(2) – mit oder ohne Signalverstärkung – und der AD-Wandlung samt Messwertverarbeitung sowie Datentransfer (6) zur Ausgabe des Gesamtabolutwertes über

den Binär-Datenaustausch (100), die Abgleicheinheit mit Signalaufbereitung (7) eingebracht wird. Die Abgleicheinheit bereitet die von den unterschiedlichsten Sensoren kommenden sinusförmigen Spannungsverläufe so auf, dass z. B. die Werte aus dem Interpolator (A/D-Wandlung) stets gleichbleibend unter Echtzeitbedingungen zur Bildung des Gesamtabolutwertes herangezogen werden können. Insbesondere wird eine Interpolation (A/D-Wandlung) ermöglicht, die z. B. die absolute Feinauflösung von 8 ... 10 Bit einer Teilungstrecke – z. B. bei Magnetsystemen mit MR-Sensoren ein N/S-Polabstand – mit der Taktfrequenz der Digital- bzw. Rechnerlogik von ca. 30 MHz bis 50 MHz erlaubt.

Zweckmäßig ist die Abgleicheinheit mit Signalaufbereitung z. B. in ein Mixed-Signal-ASICs samt Interpolator (AD-Wandlung) zu integrieren, wie es in der Fig. 4 gezeigt wird. Dies hat den Vorteil, die vielfältigen Logikverknüpfungen für Abgleich-, Interpolations- und Messwertaufbereitungs-Zwecke optimiert zu nutzen und platzsparend unterzubringen. Auch werden so mit einem ASIC-Chip erhebliche Herstellkosten gespart und die weitere Integration mit den Sensoren schrittweise vorbereitet. Der Endausbau ermöglicht den Einbau-Messgeber auf einem Chip unterzubringen, um die geeigneten Voraussetzungen für die Automation an den vielzähligen Verstelleinrichtungen von Maschinen und Geräten mittels Einbaugeber zu schaffen.

Die Sin-/Cos-Spannungsverläufe von z. B. Magnet-Sensoren sind idealisiert in Fig. 5 aufgezeichnet. Zum Zeitpunkt der Schnittpunkte mit der Null- bzw. Referenzlinie der zwei um  $90^\circ$  phasenverschobenen Signalfolgen gleicher Frequenz wird die jeweilige Amplitude der beteiligten Sensorsignale erfasst. Dies geschieht sowohl für die oberhalb und unterhalb der Referenz verlaufenden Signalfolgen zur Ermittlung von  $+A_{\sin}$ ,  $+A_{\cos}$ ,  $-A_{\sin}$  und  $-A_{\cos}$ . Klar ersichtlich wird daraus, dass die Schnittpunkte mit der Referenz während einer Periode von  $360^\circ$  ( $2\pi$ ) viermal stattfinden und idealerweise jeweils gleiche Abstände von  $90^\circ$  ( $\pi/2$ ) haben. Auch ist offensichtlich, dass die Schnittpunkte der einen Signalfolge mit der Referenz zur Ermittlung der maximalen Amplitude der anderen Signalfolge dient. Im Idealfall haben zwei solche Sensorspannungen - mindestens während einer gleichen Periodendauer - gleiche Amplituden und gleichabständige Schnittpunkte mit der Referenz. Die realen Sensorsignale weisen

keinesfalls diese Idealverläufe auf, wenn man von der weitestgehend erreichbaren gleichen Periodendauer  $360^\circ$  ( $2\pi$ ) absieht. Vielmehr haben die Sensorsignale untereinander ungleiche Amplituden, zur Referenz unsymmetrische Verläufe und mit ihr auch ungleiche Schnittpunktabstände während der Periodendauer.

Durch die erfindungsgemäße Ausführung der Abgleicheinheit wird hier Abhilfe geschaffen, in dem idealisierte Signalverläufe weitestgehend bestimmt und bei der nachfolgenden Signalauswertung zur Erlangung von Absolut-Winkel- bzw. Wegmessstrecken herangezogen werden.

Auch ist die Phasenverschiebung von exakt  $90^\circ$  der Sensorsignale nicht ausreichend genau einzuhalten, so dass die hochpräzise Erfassung des Absolutwertes von Winkel- und Wegmessstrecken durch die bekannten trigonometrischen Sin-/Cos-Auswertmethoden, z. B. durch Bildung von  $\tan\phi$ , nicht gewährleistet wird.

Damit diese  $90^\circ$  bzw.  $270^\circ$  Phasenverschiebung z. B. bei Magnet-Sensoren gewährleistet wird, mussten bisher die zwei Sensoren genau  $90^\circ$  versetzt innerhalb der Teilungsperiode angeordnet werden. Abgesehen von den Absolutgenauigkeiten der Teilungsabstände von Magnet-Maßstäben, ist die Fertigung solcher Sensoren mit Zuordnung zu den unterschiedlichsten Abmessungen höchst problematisch und kostenintensiv. Im Vergleich zur exakten Einhaltung des absoluten Teilungsabstandes ist es präziser und einfacher, alle Teilungen gleich zueinander zu machen. Der relative Fehler ist wesentlich geringer und in der Produktion besser beherrschbar.

Hierzu wird eine elegante Abhilfe in der weiterführend erfinderischen Gestaltung der Abgleicheinheit geboten, die einen höchst genauen Phasenversatz von  $90^\circ$  zweier Signalverläufe gewährleistet. Zusätzlich wird noch eine Ausmittlung der Kurvenform (Oberwellen) dabei erreicht, die die Signalqualität der Sensoren für hochgenaue Messeinrichtungen gewährleistet.

Diese Lösung lässt sich einfach aus den trigonometrischen Zusammenhängen sinusoidalen Größen ableiten:

Durch geometrische Addition und Subtraktion zweier beliebig zueinander phasenverschobener Signale gleicher Frequenz und Amplituden entstehen zwei neue sinusoidale Signalfolgen, die genau um  $90^\circ$  zueinander versetzt sind.

Auf die nähere Ableitung wird hier verzichtet. Die Zusammenhänge ergeben sich aus den bekannten Grundgleichungen,

$$A_{+,-} = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 \pm 2A_1 * A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$



$$A_{+} \text{ bzw. } A_{-} \tan \varphi_{+,-} = \frac{A_1 * \sin \varphi_1 \pm A_2 * \sin \varphi_2}{A_1 * \cos \varphi_1 \pm A_2 * \cos \varphi_2}$$

wobei  $A_{+}$ , bzw.  $A_{-}$  die Amplituden der Vektoren  $(S_1 + S_2)$ , bzw.  $(S_1 - S_2)$  und  $\varphi_S$  die Phasenverschiebung der beiden Vektoren ist.

Beispielhaft werden die Zusammenhänge in Fig. 6 aufgezeigt. Gegenüber dem ursprünglichen System mit  $\varphi_1 = 0$  und  $\varphi_2 = 90^\circ$  sind durch die Addition  $S_1 + S_2$  und Subtraktion  $S_1 - S_2$  die Signalfolgen in diesem Beispiel dagegen um genau  $45^\circ$  jeweils phasenverschoben und haben eine um  $\sqrt{2}$ -fach vergrößerte Amplitude. Aus den Gleichungen und dem aufgezeigten Beispiel wird offensichtlich, dass die von  $90^\circ$  abweichende Phasenbeziehung der Signalfolgen damit kompensiert und so der präzisen Messwertauswertung zugeführt werden kann.

Bei jeder beliebigen Signalfolge von  $\overline{S_1} = A_1 * \sin(x + \varphi_1)$  und  $\overline{S_2} = A_2 * \sin(x + \varphi_2)$  mit  $A_1 = A_2$  lässt sich diese Methode durchführen. Dies wird in Fig. 7 mit einer Phasenverschiebung von  $60^\circ$  zwischen den zwei Signalverläufen nochmals dargestellt. Gegebenenfalls müssen aber die Amplituden  $A_1$  und  $A_2$  zuvor aneinander angeglichen werden.

Neben der gelösten Problematik der exakten  $90^\circ$  Phasenverschiebung, eröffnen sich damit ganz neue Möglichkeiten zum weiten Einsatz von standardisierten Messeinrichtungen. Es ist mit obiger Methode der Signalverarbeitung in der Abgleichereinheit gewährleistet, dass die Abstände der Sensoren nicht mehr an die Teilungsabstände der Maßstäbe gebunden sind. Somit lässt sich mit der gleichen Sensoranordnung die Winkel- und Wegmessung auch mit dazu abweichenden Maßstabsteilungen vorteilhaft und präzise bewerkstelligen. Dies erlaubt den breiten Einsatz von festen Sensoranordnungen in Großstückzahlen in mikroelektronischen Ausführungen (ASIC-Dick-/Dünnschicht-Technik), ohne auf die Maßstabsteilungen stets festgelegt und damit in der Stückzahl begrenzt zu sein. Auch bei kleinen Abweichungen zwischen den Maßstabsteilungen und Sensoranordnung ist das für präzise Absolutmesswert-Erfassungen von großer Bedeutung, da z. B. Längenänderungen der Maßstäbe durch Temperaturschwankungen oder Fertigungstoleranzen bei der Herstellung bzw. Montage kompensiert werden.

Die Darstellung der Funktionsabläufe der erfindungsgemäßen Signalverarbeitung in der Abgleichereinheit wird aus der Fig. 8 ersichtlich. Es wird darin auf bekannte Schaltungsausführungen bewusst verzichtet, um die Zusammenhänge in der Abgleichereinheit übersichtlich zu beschreiben. Sämtlich hierzu notwendige Schaltungen analoge wie digitale sind in der einschlägigen Fachliteratur beschrieben, wie z. B. Tietze / Ch+ Schenk ISBN 3-540-42849-6 Springer Verlag Berlin.

Die in den Fig. 3 und 4 bereits allgemein beschriebene und zwischengeschaltete Abgleichereinheit mit Signalverarbeitung (7) befindet sich hier zwischen den Sensoren (2) und der Interpolationseinheit (AD-Wandlung) (90) sowie vor der Messwertverarbeitung mit Gesamtabolutwertbildung samt Datentransfer (91) zur Binär-Ausgabe (101). Die Abgleichereinheit mit Signalverarbeitung (7) setzt sich somit in Fig. 8 aus den Differenzverstärkern (11), dem Addierer (81), dem Subtrahierer (80) und der notwendigen digitalen Logik (97) zusammen.

Die jeweilige Sensoreinheit (2.1) und (2.2) liefert Signale, deren Größen in stetiger Funktion verlaufen und auf die Teilstrecken des zugeordneten Maßstabs bezogen sind. Vielfach sind die Sensoren in Brückenschaltungen angeordnet, so dass deren Signale sich annähernd symmetrisch um die halbe Versorgungs-

spannung bewegen. Der Maßstab und der Sensor wird nicht näher erläutert, da diese für die verschiedensten physikalischen Messprinzipien (z. B. optisch, magnetisch, induktiv, kapazitiv usw.) für Winkel- und Wegmessgeber hinlänglich bekannt sind. Nachfolgend wird wiederum bevorzugt auf die Gegebenheiten der Magnet-Winkel- und Wegmessgeber eingegangen. Diese Ausführungen sind prinzipiell genauso auf andere Sensortechnologien übertragbar und nicht z. B. auf ein physikalisches Wirkprinzip beschränkt. Bei den Winkel- und Wegmessgebern wird bevorzugt das Sensorsystem so konzipiert, dass die Signalfolge sinusoidalen Größen entspricht. Daher wird nachfolgend auf diese stetig verlaufenden elementaren „Trigonometrische Funktionen“ zurückgegriffen, obwohl die erfinderische Abgleichheit auch für andere stetig verlaufende Elementarfunktionen der Sensorsignale angewandt werden kann. So können die phasenverschobenen Signalfolgen z. B. einen dreieckförmigen bzw. quadratischen Verlauf mit symmetrischen Schnittpunkten mit der Referenz aufweisen und entsprechend über Interpolatoren (A/D-Wandler) ausgewertet werden.

Die Sensoreinheit (2.1) und Sensoreinheit (2.2) sind zweckmäßigerweise in einer gemeinsamen Sensoreinheit anzuordnen. Marktüblich liefern dann solche Sensoreinheiten die Sin-/ Cos-Signale. In Fig. 8 ist S1 (Sin) (41) und S2 (Cos) (42) jeweils als Differenzspannung an die zugeordneten Differenzverstärker (11.1, bzw. 11.2) geführt. In dem jeweiligen Differenzverstärker (11.1, bzw. 11.2) oder OPAMP werden die Sensorspannungen über einen wählbaren Verstärkungsfaktor am Verstärkungseingang (71) bzw. (73) auf die gewünschte Spannungsamplitude und gewünschte Referenz (72) bzw. (74) zur Weiterverarbeitung gebracht. Die Sensorspannungen bewegen sich marktüblich und ohne integrierte Verstärker in ihren Maximalamplituden bei einigen mV bis ca. 100 mV. Eine hoch auflösende Interpolation verlangt jedoch mindestens 0,5 bis 1 V<sub>ss</sub> und darüber, um die gewünschten Auflösungsschritte bei der Winkel- bzw. Wegstrecke zu erreichen. Zusätzlich ist es sehr wichtig, die Maximalamplituden der Sin-/ Cos-Signale mindestens während der Teilungsstrecke präzise gleich zur Auswertung zu haben, so dass schon allein aus diesem Grund ein frei wählbarer Verstärkungsfaktor zur Anpassung der abweichenden Sensorspannungen zweckmäßig ist. Die Amplituden, der so zu  $\vec{S}_1$  - und  $\vec{S}_2$  -verstärkten Sensorspannungen bewegen sich üblicherweise bei der halben Versorgungs-



spannung von 5V und sollen aber präzise untereinander gleich sein. Dazu sind jedoch über Ref 1 (72) und Ref 2 (74) auch entsprechend fein wählbare Abgleichvorgänge der Referenz zu treffen, um eine exakte Auswertung vornehmen zu können. Darüber hinaus müssen diese über-Ref 1 und Ref 2 abgeglichenen Referenzspannungen möglichst gleich der zur Interpolation bzw. AD-Wandlung (90) gemeinsamen Referenzspannung-Ref 0 (95) sein.

Bei idealen Sensorsignalverläufen, die dauerhaft unbeeinflusst von Betriebsbedingungen, wie z. B. Temperatur, Abstand Sensor/Maßstab und Ungenauigkeiten des Maßstabs (Teilungen und Magnetfelder) sind, würden diese Abgleichmaßnahmen vor Ort bei der Inbetriebnahme bereits zur Winkel- und Wegmessauswertung ausreichen. Abgesehen von den vielen Parametern, die erheblich durch Fertigungsfehler, Einbaumontage und Umgebungsbedingungen beeinflusst werden, ist es aus Zeit- und Kostengründen nicht zumutbar, vor Ort Sensoren abzugleichen. Schon gar nicht beim Austausch von Messeinrichtungen bei weltweit verteilten Maschinen und Geräten. Es ist daher eine hierfür geeignete Methode bzw. Schaltungsausführung zu finden, wenn man präzise und hochauflösende Winkel- und Wegmesssysteme industriegerecht an vielen Maschinen und Geräten einsetzen will. Dies wird mit der erfindungsgemäßen Abgleicheinheit (7) nach Fig. 8 weitestgehend erreicht, in der über die Amplitudenbestimmung, Referenzbestimmung und Geschwindigkeitsermittlung die entsprechenden adaptiven Abgleichvorgänge bedarfsgerecht mittels digitaler Signalverarbeitung (97) sowie Steuerausgängen 71, 72, 73, 74 in allen Betriebszuständen der Messeinrichtung vorgenommen werden.

Bereits beim ersten einschalten der stillstehenden Messvorrichtung mit dem zugeordneten Maßstab, ist eine Überprüfung der Sensorsignale zur geeigneten Auswertung über den Interpolator zweckmäßig. Dazu wird in der Abgleicheinheit (7) der Betrag der Signalvektoren von  $\vec{S}_1$  und  $\vec{S}_2$  festgestellt, der sich zwischen

$$|A| < |\vec{S}_1| + |\vec{S}_2| < 1,414 * |A|$$

bewegen muss, wobei

$$|A| = |A_1| = |A_2|$$

$$|\overline{S}_1| = A_1 * \sin(x + \varphi_1)$$

$$|\overline{S}_2| = A_2 * \sin(x + \varphi_2) \quad \text{mit } A_1 = A_2 = A$$

ist.

Befindet sich der Betrag  $|\overline{S}_1| + |\overline{S}_2|$  bei der Stillstandsmessung nicht innerhalb von

$1 \dots 1,41 * |A|$ , so sind die Verstärkungsfaktoren 1 (71); bzw. 2 (73) jeweils entsprechend einzustellen. Bei den überwiegenden Anwendungen wird diese Methode der Signalbestimmung ausreichend sein und die bekannt komplexere

Auswertung der Schaltungsanordnung mit  $(\overline{S}_1)^2 + (\overline{S}_2)^2 = 1$  überflüssig machen. Zudem führen bei der Quadrierung bereits kleine Fehlerabweichungen in den Messsignalen zu fehlerhaften Abgleichmaßnahmen.

Schon bereits bei Verstellungen der Messeinrichtungen um z. B. eine Periodenlänge (Maßstabsteilung), werden die Amplituden durch die Abgleicheinheit nach den in Fig. 5 beschriebenen Zusammenhängen präzise angeglichen und die

Messsignale optimal für die genaue Interpolation (AD-Wandlung) aufbereitet. Zu den Zeitpunkten der im Bewegungsablauf stattfindenden Schnittpunkte der Signalfolgen mit der gemeinsamen Referenz, können die Messwerte permanent zur jeweiligen zugeordneten Amplitudenbestimmung herangezogen werden, oder z. B. mittelwertbildend erfasst und als Größe direkt den Differenzverstärkern 11 durch die digitale Signalverarbeitung (97) über die Steuerausgänge 71 bis 74 zugeführt werden.

Auch sind andere Auswertungen der bei den Schnittpunkten mit der gemeinsamen Referenz erfassten Amplitudenwerte nach der Erfindung möglich. z. B. können die ermittelten mittleren Amplitudenwerte fest gespeichert werden und

erst bei festgelegter Abweichung als neuer Verstärkungswert den jeweiligen Differenzverstärkern 11 (71 bzw. 73) über die digitale-Signalverarbeitung (97) einzeln oder gemeinsam usw. zugeführt werden. Wenn die +A- und -A-Amplitudenwerte Differenzen aufweisen, so sind aber auch Abgleichvorgänge unter Echtzeit und innerhalb der permanent stattfindenden Interpolation vornehmbar. Besonders vorteilhaft stellte sich der Abgleich zum Zeitpunkt des Schnittpunktes mit der Referenz beim Interpolator nach Patentanmeldung 101 60 835. 7 heraus, da der sich verstellende Amplitudenwert zu diesem Zeitpunkt unkritisch ist und nicht zur falschen Interpolation und damit nicht zur fehlerhaften Auswertung führt.

Die so abgeglichenen Amplituden der Sensorsignale  $\overline{S}_1$  und  $\overline{S}_2$  können unmittelbar zur Interpolation (AD-Wandlung) (90) geführt werden, wenn ebenfalls die jeweiligen Schnittpunkte mit Ref 0 (95) gleichsymmetrisch verlaufen (siehe Fig. 5). Unter gleichsymmetrisch wird hier z. B. die jeweilige Halbperiode der Signale von  $180^\circ = \pi$  und die Phasenverschiebung zueinander von  $90^\circ = \pi/2$  verstanden, die zu vier gleichen Schnittpunkten von  $\pi/2$ -Abstände der Signale mit der gemeinsamen Referenz Ref 0 (95) innerhalb der Periodendauer  $360^\circ = 2\pi$  führen.

Wenn die Halbperioden der jeweiligen Signale  $\pi$  entsprechen und weitestgehend gleich sind, aber die Phasenverschiebung untereinander ungleich  $90^\circ = \pi/2$  sind (siehe Fig. 7), so wird erfindungsgemäß in der Abgleicheinheit (7) eine Subtraktion

$\overline{S}_1 - \overline{S}_2$  (80) sowie eine Addition  $\overline{S}_1 + \overline{S}_2$  (81) durchgeführt und damit die gewünschte Phasenverschiebung von  $90^\circ = \pi/2$  erreicht. Die Additionseinheit (81) und die Subtraktionseinheit (80) weisen wie die für die Differenzverstärker (11) beschriebenen Maßnahmen Amplitudenanpassungen mittels Verstärker Verst. 3 (86), bzw. Verst. 4 (88) und Referenzsspannungsabgleich Ref. 3 (87) bzw. Ref. 4 (89) auf. Wenn die jeweiligen Amplituden und die Referenzen nach Subtraktion (80) und Addition (81) entsprechend zu den Schnittpunkten mit der Ref 0 (95) abgeglichen sind, so kann die Interpolation (AD-Wandlung) (90) präzise erfolgen und über die Messwertaufbereitung samt Gesamtabolutwertbildung

und Datentransfer (93) der Winkel-/Wegmesswert über die Binär-Ausgabe (101) der Kundensteuerung (5) zur Verfügung gestellt werden.

Die in Fig. 8 aufgeführte Invertierung (83) von  $-(\vec{S}_1 - \vec{S}_2)$  dient zur vorteilhaften Interpolation (AD-Wandlung) (90) mittels des 3-Vektorverfahren, das in der Patentanmeldung 10160835.7 näher beschrieben wurde. Auch wurde die Teilstrecken-Sensoreinheit (10) zur Erfassung von absolutkodierte Teilstrecken mittels Sin/Cos- bzw. A/B-Signalen (43) und Verstärker-Schaltung (12) mit einstellbarer Hysterese (75) aufgenommen, um die Methode und-Ausführung der Gesamtabsolutwertbildung aus Feinabsolutwert (77) mittels Interpolator (AD-Wandler) (90) und aus dem A/B-Teilstreckensignal (76) in der Messwertaufbereitung samt Datentransfer (93) zur Binär-Ausgabe 101 zu verdeutlichen.

Mit der nach Fig. 8 verdeutlichten Methode und Ausführung von Abgleichvorgängen bei für Amplitudenbestimmung, Referenzbestimmung sowohl im Stillstand als auch im gesamten Bewegungsbereich sind bereits weitgehende Vorkehrungen für die in der Industrie vorhandenen Randbedingungen bezüglich Signalabweichungen bei Einbaugebern kompensatorisch getroffen worden, so dass sehr präzise Winkel- und Wegmessungen unter Echtzeitbedingungen erfolgen können. Die Methode kann prinzipiell auf jeden Messschritt noch ausgedehnt werden, indem man die Geschwindigkeit der Bewegungseinrichtung ermittelt und aus der gemessenen Zeit für eine zurückgelegte gemessene Wegstrecke in Beziehung bringt.

$$V_{\text{ist}} = s/t \quad \rightarrow \quad S_{\text{soll}} = V_{\text{ist}} * t_{\text{gemessen}}$$

$$S_{\text{ist}} = \text{gemessener Weg} = s_2 - s_1$$

$$t_{\text{gemessen}} = \text{Zeit für zurückgelegten Weg } S_{\text{ist}},$$

d.h. von  $s_1$  nach  $s_2$

$$\Delta s = S_{\text{ist}} - S_{\text{soll}}$$

$$\Delta s = (s_2 - s_1) - V_{\text{ist}} \cdot t_{\text{gemessen}}$$

Auf inkrementelle Werte bezogen ist mit guter Näherung  $|\Delta s| \approx k = \text{const}$ , so dass die Abweichung davon zur Kompensation über die Amplitudenverstärkung bei den Signalvektoren  $\vec{s}_1$  (71) sowie  $\vec{s}_2$  (73) bzw.  $\vec{s}_1 - \vec{s}_2$  (86) sowie  $\vec{s}_1 + \vec{s}_2$  (88) jederzeit vorgenommen werden kann. Die Methode ist prinzipiell über Rechenalgorithmen beliebig erweiterbar und ändert nichts am grundsätzlichen Zusammenhang der Winkel- und Wegkompensation über die Amplitudenbeeinflussung. Mit diesen Maßnahmen lassen sich elegant gegebene Verzerrungen von nicht idealen sinusoidalen Größen über der Periodendauer kompensieren und so die Absolutgenauigkeit von Winkel und Wegmesssystemen erheblich steigern.

In Fig. 10 ist der Sachverhalt im Blockschaltbild der digitalen Signalverarbeitung (97) für Geschwindigkeitsermittlung mit Wegmessung (112, 113) als Bestandteil der Abgleicheinheit (7) dargestellt.

Nach der Interpolation (AD-Wandlung) (90) werden die Feinwerte innerhalb einer Teilstrecke (Maßstabsteilung bzw. Periodendauer  $360^\circ = 2\pi$ ) z. B. in 8 Bit-Auflösungsschritten über die Ausgabe (77) der digitalen Signalverarbeitung (97) als aufgelöste Wegstrecke ermittelt. Zusammen mit z. B. einer konstanten Zeitvorgabe

$t = 1/f$  einer für die digitale Logik ohnehin vorhandenen Taktfrequenz  $f$  (111) aus einem Oszillator (110) wird die Geschwindigkeit der gemessenen Bewegungseinrichtung  $V_{\text{ist}} = s/t$  gebildet. Aus dem gemessenen Weg  $s_{\text{ist}}$  und dem berechneten Weg  $s_{\text{soll}}$  wird die Fehlerabweichung  $\Delta s = s_{\text{ist}} - s_{\text{soll}}$  (112) ermittelt und einer Vergleichseinheit  $\Delta s < 4 \text{ const.}$  (113) zugeführt. Der Vergleichseinheit wird auch der absolute Weg  $s$  (77) zugeführt, die logisch aus der Größe des Messwertes innerhalb der Periodendauer von  $2\pi$  die entsprechende Beeinflussung der Verstärkereingänge in Fig. 8 für Verst 1 oder Verst 2 bzw. Verst 3 oder Verst 4 der Vektoren  $\vec{s}_1$  oder  $\vec{s}_2$  bzw.  $\vec{s}_1 - \vec{s}_2$  oder  $\vec{s}_1 + \vec{s}_2$  vornimmt.

Die in Fig. 8 aufgezeigte Ausführung in Mixed-Signal-Technologie hat den Vorteil, dass die Abgleicheinheit (7) und sogar die gesamte Elektronik (8) samt

Sensoranordnung (2) auf einem ASIC mit festgelegten Hardwarefunktionen für einen Anbau-/Einbau-Messgeber (200) z. B. in Hall-Sensortechnologie ausgeführt werden kann, ohne dazu einen separaten Mikrokontroller/Prozessor zu benötigen. Dies ermöglicht besonders kompakte und integrierbare Messgeber-Ausführungen (200), die bei Einbaugeseger gefragt sind.

Die Fig. 9 gibt im Prinzip den gleichen Sachverhalt wie in Fig. 8 wieder, jedoch mit überwiegend digitaler statt analoger Verarbeitung der vektoriellen Größen  $\vec{S}_1$  oder  $\vec{S}_1 - \vec{S}_2$  bzw.  $\vec{S}_2$  oder  $\vec{S}_1 + \vec{S}_2$ . Bis zur analogen Signalausgabe der von den Sensoreinheiten (2) über Differenzverstärker gebildeten Vektoren  $\vec{S}_1$  bzw.  $\vec{S}_2$  ist die Signalaufbereitung in der Abgleicheinheit (7) der Fig. 9 identisch mit der Fig. 8. Unmittelbar danach werden die analogen Signalgrößen  $\vec{S}_1$  und  $\vec{S}_2$  über Interpolatoren bzw. AD-Wandler (96) sofort digitalisiert. Dies erlaubt die digitalen Werte entsprechend den vier Grundrechenarten (Addieren, Subtrahieren, Multiplizieren, Dividieren) die gleichen Maßnahmen wie in Fig. 8 zu treffen. Die Methode der Vektorgrößenbildung  $\vec{S}_1 - \vec{S}_2$  (84) bzw.  $\vec{S}_1 + \vec{S}_2$  (85), wenn die Phasenverschiebung zwischen  $\vec{S}_1$  und  $\vec{S}_2$  nicht  $90^\circ = \pi/2$  ist, die Amplitudenbestimmung, die Referenzbestimmung und die Geschwindigkeitsermittlung ist die gleiche wie in Fig. 8, wobei die Ausführung der Operationen rein auf digitalem Weg erfolgt. Die digitale Signalverarbeitung (92) ist daher etwas umfangreicher als die in der Fig. 8 (97). Ebenso erfolgt die Feinwertbildung des Absolutwertes (77) jetzt rein rechnerisch über die  $\arctan \varphi$ -Bildung rein digital in der Absolutwertbestimmung (94), statt in der analogen Interpolationseinheit (AD-Wandlung) (90) der Fig. 8. Die Messwertverarbeitung samt Gesamtabsolutwertbestimmung mit Datentransfer (93) und Binär-Ausgabe/Binäreingabe (100) ist gleich der in der Fig. 8.

Die in Fig. 9 beschriebene Ausführung ist zweckmäßigerweise mit einem Mikrokontroller/Prozessor ausgestattet, um die beschriebenen Rechenvorgänge durchzuführen. Diese Lösung ist dann von besonderem Vorteil, wenn ohnehin für noch andere Funktionen im Messgeber (200), (wie z. B. flexible Parametrisierung im Betriebseinsatz) gefragt sind und die AD-Wandler (96) bzw. Interpo-

latoren sich klein und kostengünstig in die Messgeber-Elektronik (8) einbeziehen lassen.

Auch die in Fig. 8 beschriebene Teilstrecken-Sensoreinheit (110) mit Sin/Cos- bzw. A/B-Ausgabe (43) ist einschließlich der Verstärkerschaltung (12) zur A/B-Teilstreckengröße (76) für die Gesamtabсолютwertbildung gleich. Damit wird auch gezeigt, dass die unterschiedlichen Ausführungen der Abgleicheinheit (7) mit mehr oder weniger digitaler Signalverarbeitung auf die gleiche Methode der erfinderischen Signalverarbeitung zurückzuführen ist und auch zu gleichen Ergebnissen führt.



## Patentansprüche

- 1) Messeinrichtung enthaltend eine Sensoranordnung (2) zur Erfassung von die Größen, insbesondere von Winkeln- oder Wegstrecken, die wenigstens zwei zueinander phasenverschobene Signale in stetiger Funktion erzeugt und bei der diese Signale einer Messwertaufbereitung zugeführt werden, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abgleichseinheit (7) der Sensoranordnung (2) nachgeschaltet ist, die die Amplituden der zueinander phasenverschobenen Signale (41, 42) aneinander angleicht und/oder aus phasenverschobenen Signalen (41, 42) um etwa  $90^\circ$  gegeneinander phasenverschobenen Signale erzeugt, die ausgewertet und zur Weiterverarbeitung ausgegeben werden.
- 2) Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Angleichen zu den Zeitpunkten der sich ergebenden Schnittpunkte der phasenverschobenen Signale mit der gemeinsamen Referenz vorgenommen wird.
- 3) Messeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die phasenverschobenen Sensorsignale sinusoidale Größen.
- 4) Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei beliebig phasenverschobenen Größen die  $90^\circ$  Verschiebung durch Addition bzw. Subtraktion der Größen erfolgt.
- 5) Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die gemeinsame Referenz durch Mittelwertbildung von mindestens zwei um  $90^\circ$  phasenverschobenen Größen gebildet wird.
- 6) Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die gemeinsame Referenz fest vorgegeben wird.
- 7) Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei unsymmetrisch liegenden, ermittelten Amplitudenwerten



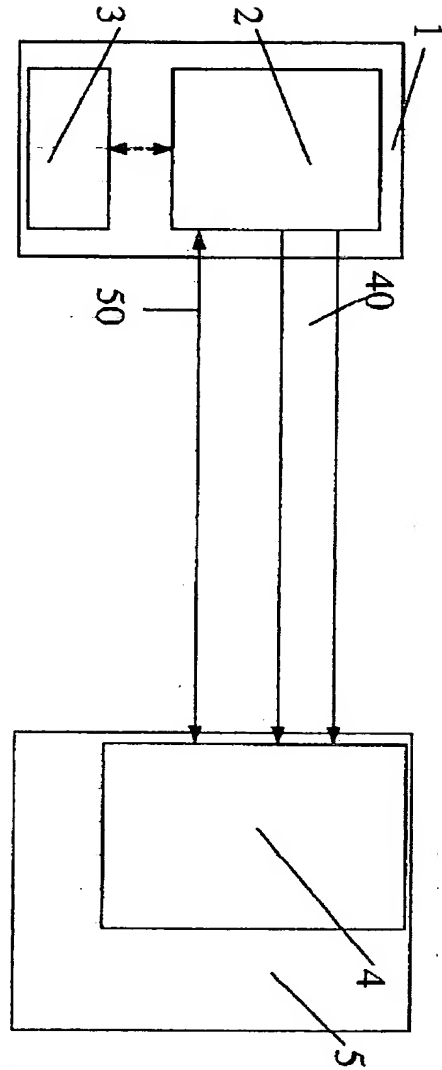
der jeweiligen Größen, deren jeweilige Referenz in der Abgleicheinheit entsprechend angepasst wird.

- 8) Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die unsymmetrisch liegenden, ermittelten Abstände der Schnittpunkte der jeweiligen Größen mit der gemeinsamen Referenz unter Berücksichtigung deren Verstellgeschwindigkeit ermittelt werden und deren jeweilige Referenz in der Abgleicheinheit entsprechend angepasst werden.
- 9) Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die durch einen Interpolator aufgelöste Größen unter Berücksichtigung deren Verstellgeschwindigkeit ermittelt und bei Abweichungen voneinander deren jeweilige Amplituden entsprechend angepasst werden.
- 10) Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstände der Sensoren zueinander unabhängig von der Maßstabsteilung gewählt sind.
- 11) Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die gleiche Messeinrichtung für voneinander abweichende Maßstabteilungen eingesetzt wird.
- 12) Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass aus den phasenverschobenen Signalen zwei um  $90^\circ$  gegeneinander und eine dazu um  $180^\circ$  phasenverschobene Größe gebildet werden und zur Auswertung herangezogen werden.
- 13) Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgleicheinheit (7) und vorzugsweise auch die gesamte Elektronikeinheit (8) einschließlich der Sensoranordnung (2) auf einem ASIC mit festgelegten Hardwarefunktionen für einen Einbau- oder Anbau-Messgeber (1, 200) untergebracht ist.

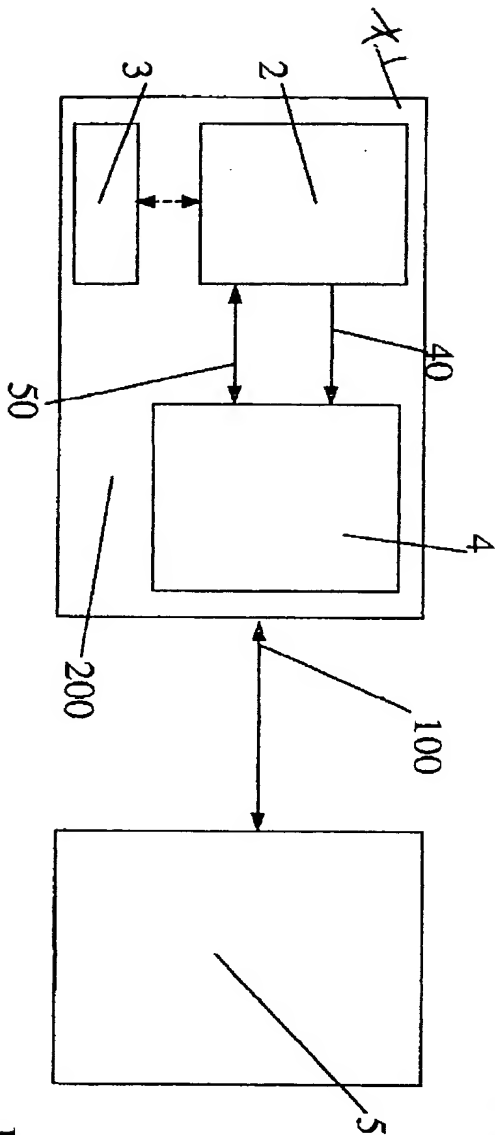
### **Zusammenfassung**

Es wird eine Messeinrichtung zur Erfassung von Größen, insbesondere von Winkeln oder Wegstrecken unter Verwendung einer Sensoranordnung, die zwei zueinander phasenverschobenen Signale liefert und einer Messwertaufbereitung beschrieben.

Es wird der Sensoranordnung eine Abgleicheinheit nachgeschaltet, die die Amplituden der phasenverschobenen Signale aneinander angleicht und/oder aus den zueinander phasenverschobenen Signalen um etwa  $90^\circ$  gegeneinander phasenverschobene Signale erzeugt, die ausgewertet werden.



Figur 1



Figur 2

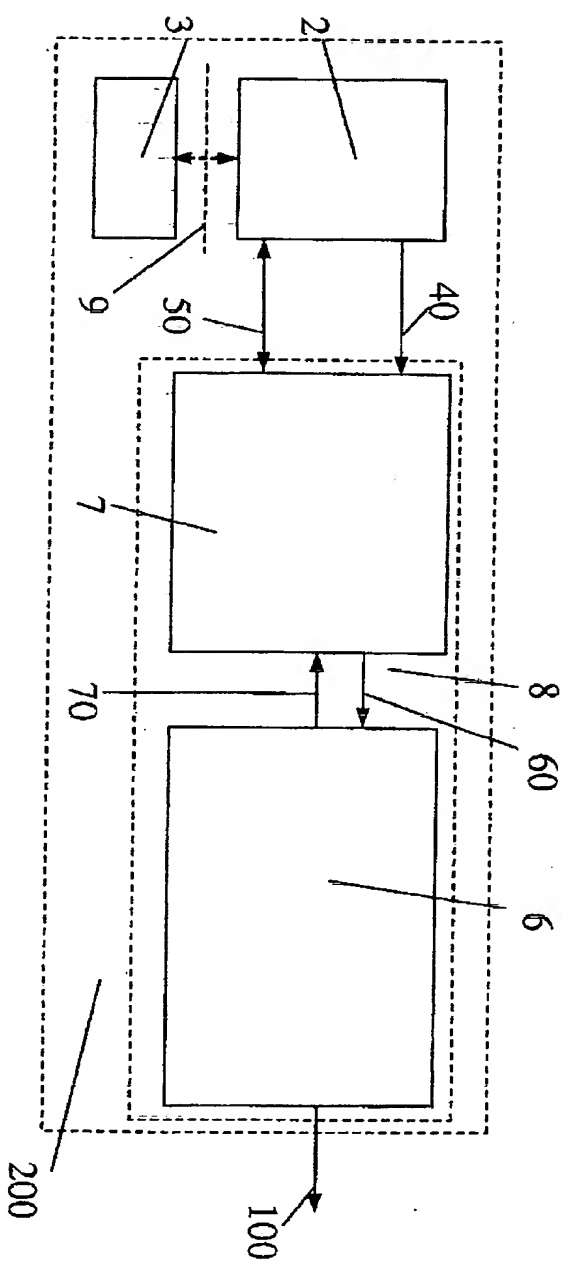


Figure 3

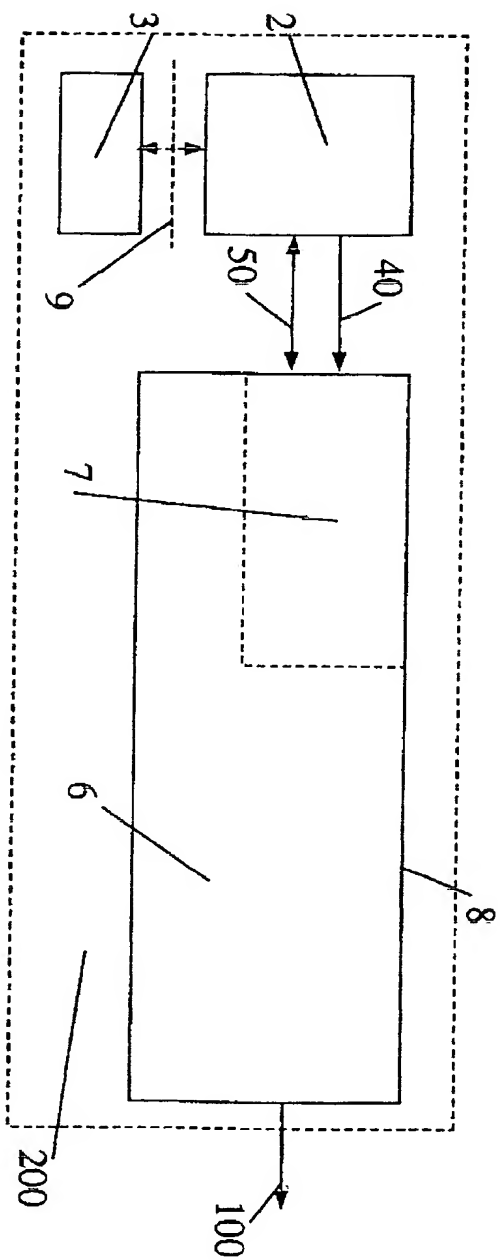
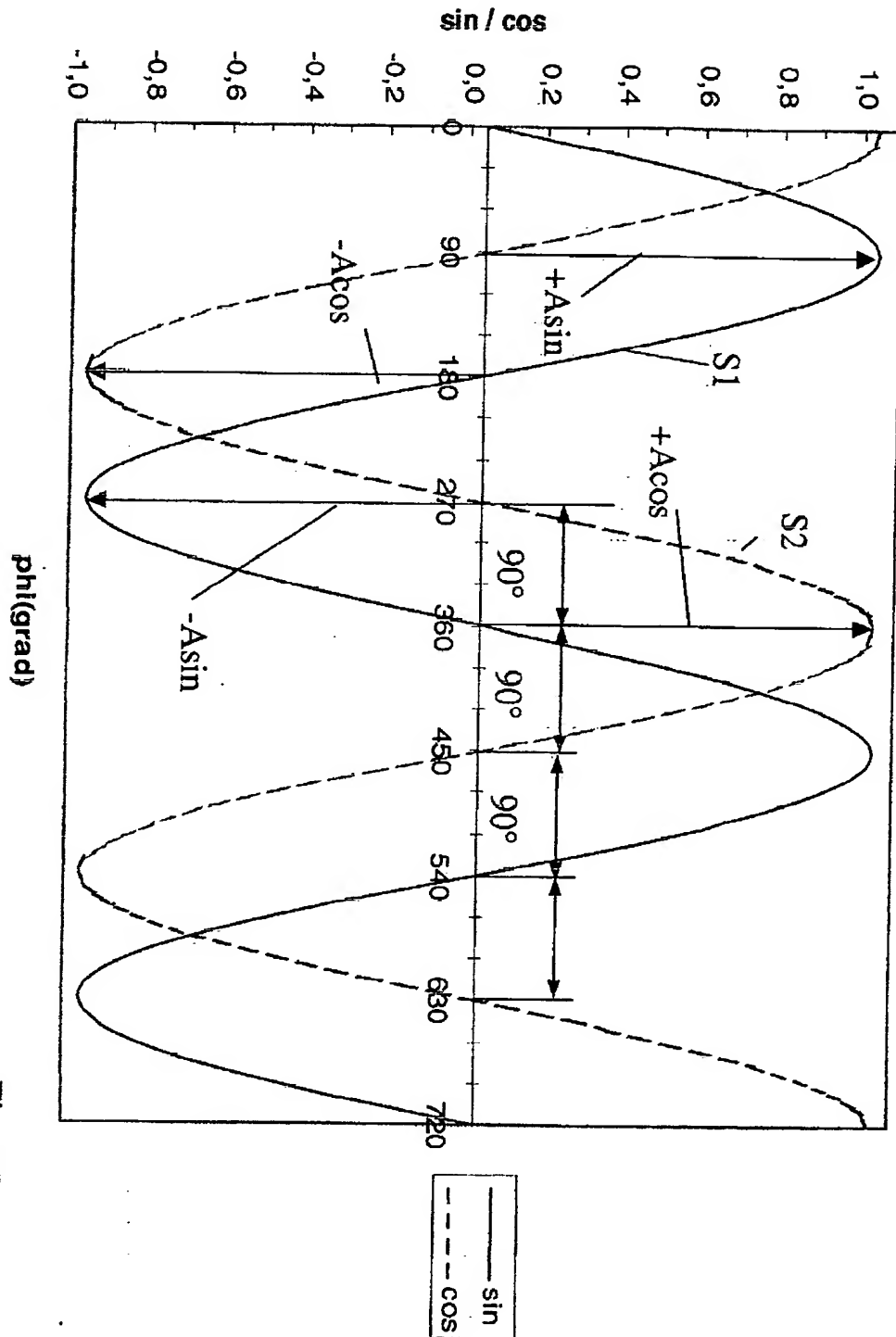
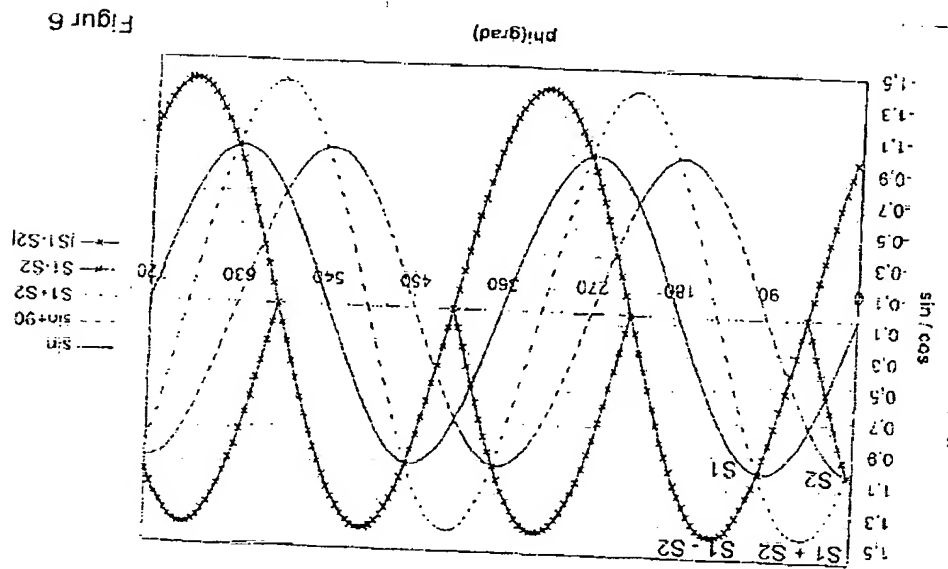
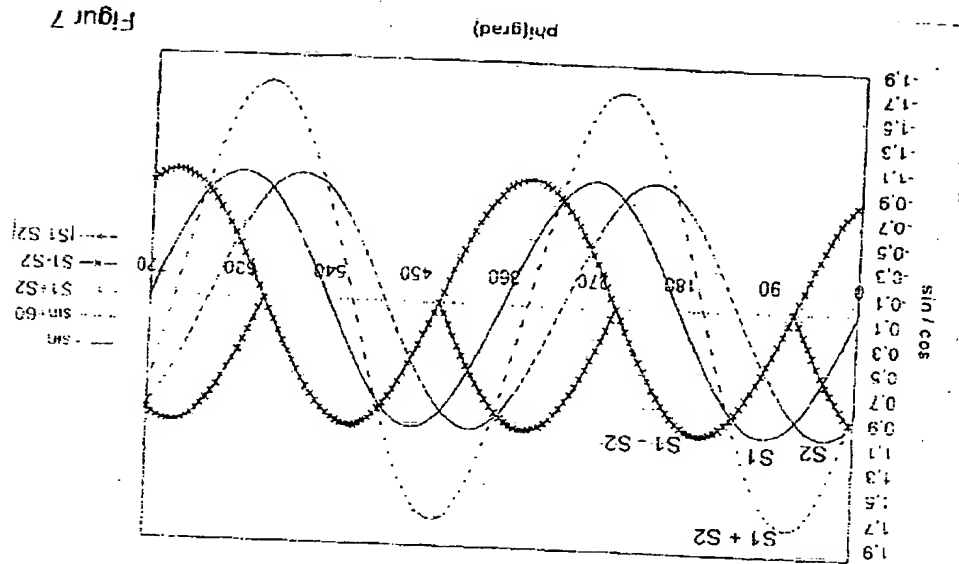
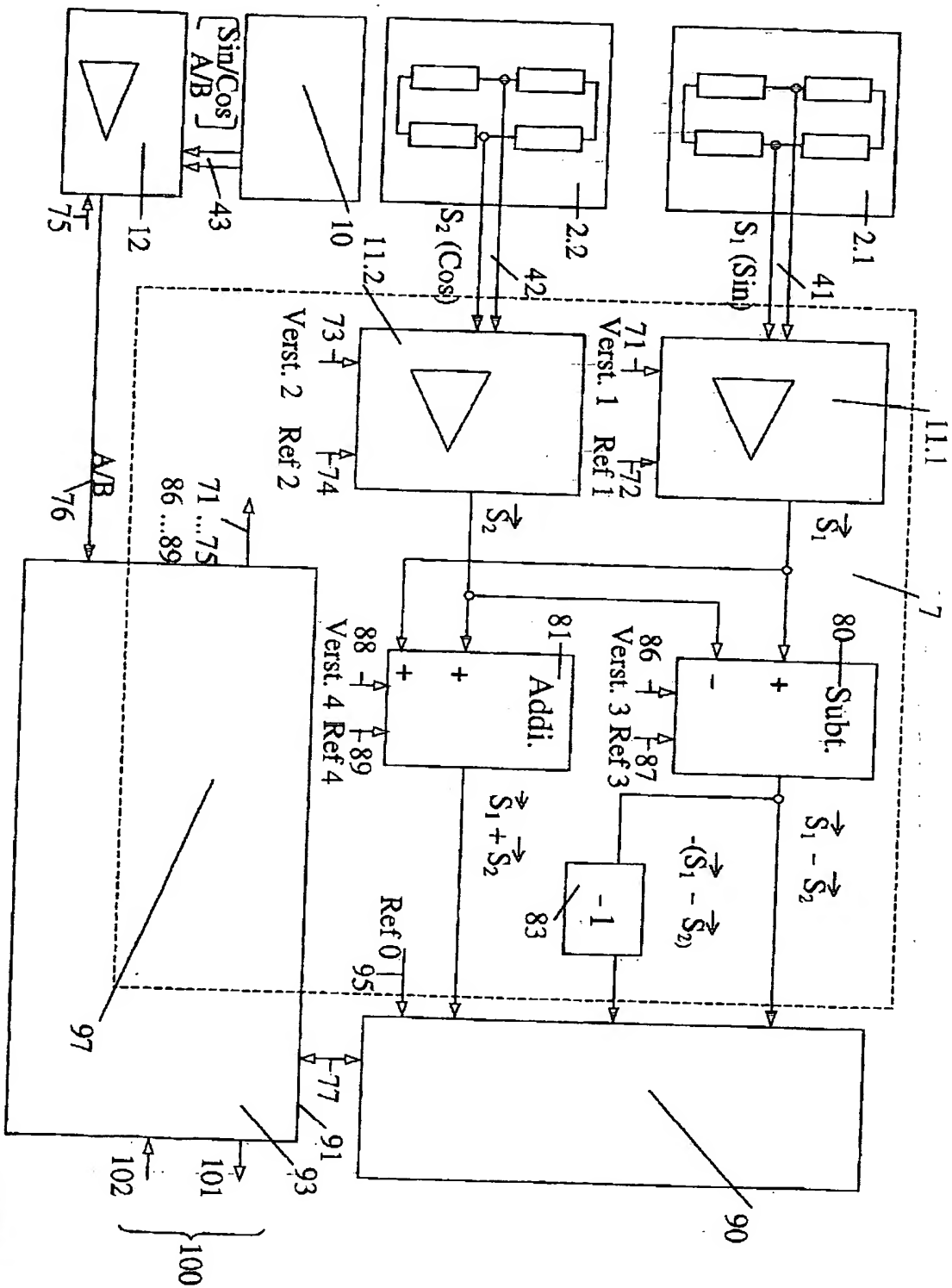


Figure 4



Figur 5





## Figur 8



**Figur 9**



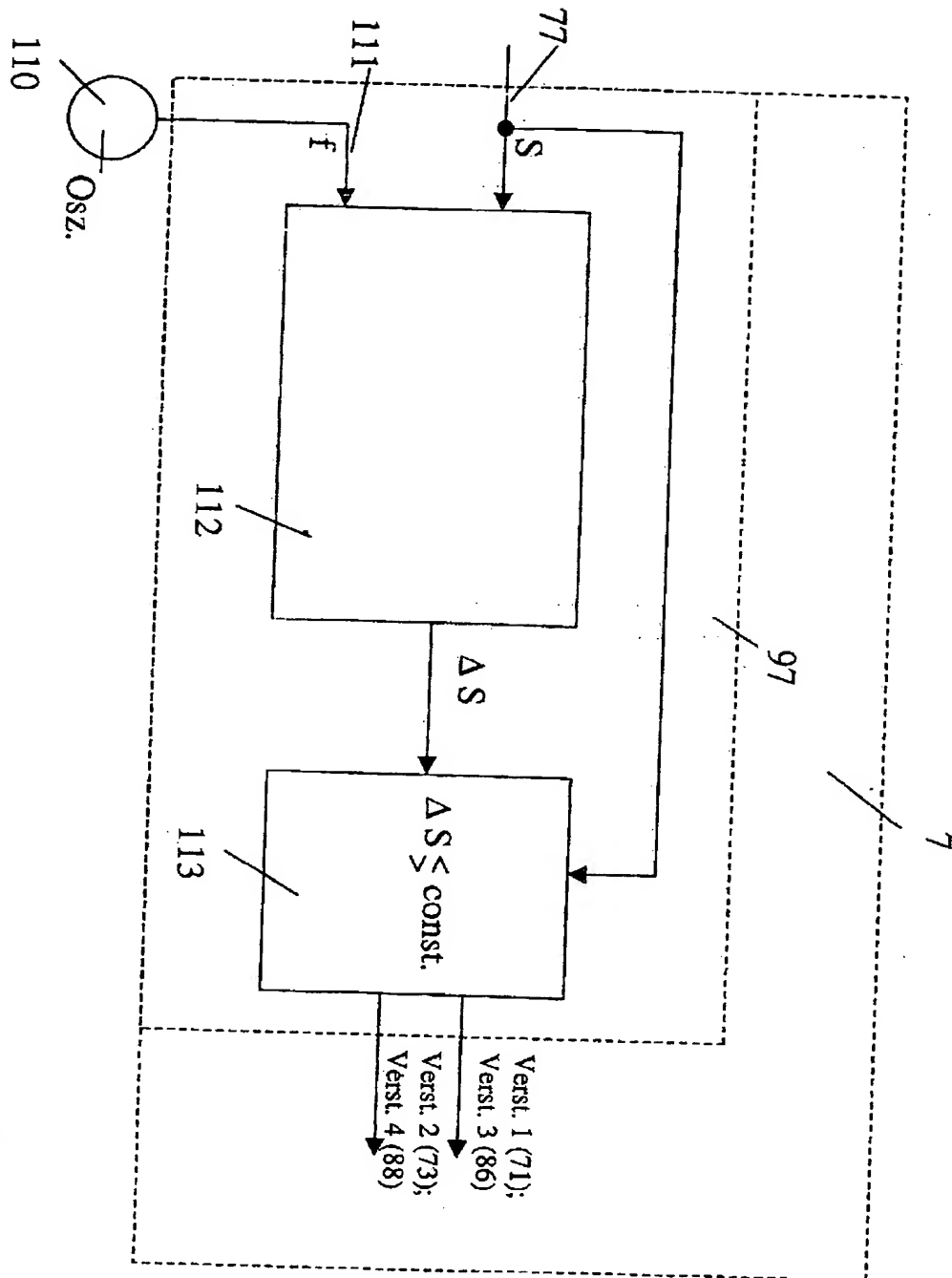


Figure 10